

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang digunakan sebagai referensi dan pendukung pada penelitian ini salah satunya adalah penelitian Diana (2008), yang menggunakan dua buah sensor suhu LM35DZ sebagai alat ukur kecepatan aliran fluida berbasis mikrokontroler ATmega8. Fluida yang digunakan adalah air dengan aliran laminar.

Input dari sensor LM35DZ berupa nilai temperatur yang kemudian dikonversi melalui mikrokontroler ATmega8 untuk diubah menjadi *output* berupa nilai tegangan. Data berupa nilai temperatur dan selisih temperatur berdasarkan perubahan sudut kran yang digunakan, akan ditampilkan melalui LCD untuk mempermudah pembacaan data, diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hubungan sudut kran dan temperatur

No	sudut kran θ ($^{\circ}$)	\bar{t} (s)	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)
1	30	60.17	27.22	27.62	0.4
2	60	30.45	27.60	27.80	0.2
3	75	22.05	27.06	27.16	0.1
4	90	13.61	27.30	27.30	0

(Diana, 2008).

Hubungan antara sudut kran dan selisih temperatur yang dihasilkan di LCD Berdasarkan Tabel 1, yaitu pada saat sudut kran dibuka semakin besar, maka selisih temperatur yang dihasilkan semakin kecil.

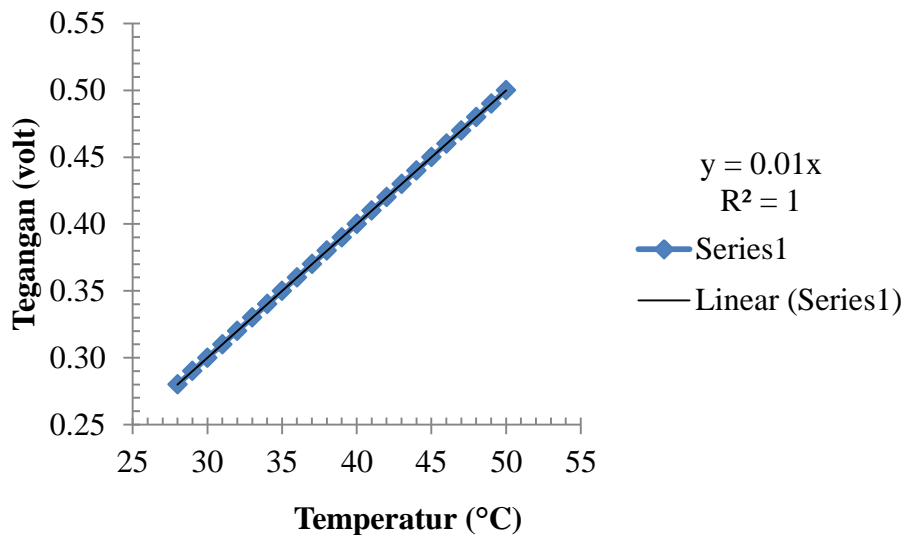
Analisis data penelitian ini, dimulai dari karakterisasi sensor temperatur LM35DZ menggunakan multimeter digital yang dilakukan pada air tidak mengalir, kemudian melakukan penguatan *Op-Amp* sebesar 4.9 kali penguatan terhadap *output* sensor LM35DZ dan analisis terakhir adalah menghubungkan sensor LM35DZ yang telah dikuatkan ke pengontrol digital yaitu mikrokontroler ATmega8 dan hasilnya ditampilkan oleh LCD. Adapun hasil data karakteristik sensor LM35DZ, diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data karakteristik sensor LM35DZ

No	T (°C)	V_1 (V)	V_2 (V)	V_3 (V)	V_4 (V)	V_5 (V)	\bar{V} (V)
1	28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.28	0.28
2	29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
3	30	0.30	0.30	0.31	0.30	0.30	0.30
4	31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
5	32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
5	33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.33
6	34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
7	35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
8	36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
9	37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
10	38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
11	39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.39
12	40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.40
13	41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
14	42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
15	43	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43
16	44	0.44	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44
17	45	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45	0.45
18	46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
17	47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
18	48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
19	49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
20	50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

(Diana, 2008).

Data karakteristik sensor LM35DZ dimulai dari temperatur 28°C sampai 50°C, menghasilkan *output* tegangan sesuai dengan referensi yang digunakan. Setiap kenaikan 1°C, maka *output* sensor LM35DZ naik sebesar 10 mV, hasilnya dibuat grafik yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik karakteristik hubungan temperatur dan tegangan sensor LM35DZ

Grafik karakteristik hubungan temperatur dengan tegangan sensor LM35DZ pada Gambar 1, menghasilkan grafik yang linear, semakin tinggi nilai temperatur yang diberikan maka semakin tinggi nilai tegangan yang dihasilkan.

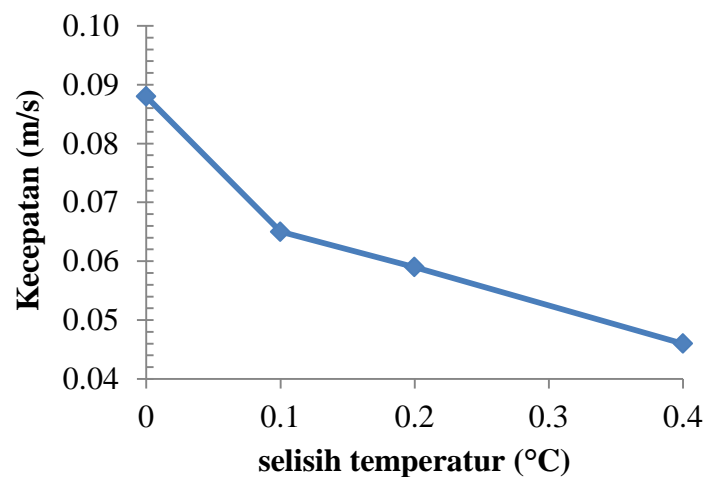
Data diolah menggunakan persamaan kontinuitas kecepatan aliran fluida yang menyatakan hubungan antara debit fluida dan luas penampang fluida yang digunakan. Persamaan tersebut menghasilkan nilai debit fluida dan kecepatan fluida. Hasil pengolahan data dibentuk persamaan melalui grafik, dengan demikian *prototipe* alat ukur kecepatan aliran fluida ini tidak hanya dapat menghasilkan nilai kecepatan fluida yang mengalir, tetapi juga diperoleh nilai temperatur fluida beserta tegangan. Adapun hubungan antara data selisih temperatur dan data

kecepatan aliran fluida, diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hubungan selisih temperatur dan data kecepatan aliran fluida

No	v (m/s)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)
1	0.046	0.4
2	0.059	0.2
3	0.065	0.1
4	0.088	0

Berdasarkan hubungan antara data selisih temperatur dan data kecepatan aliran fluida pada Tabel 3, diperoleh grafik yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan selisih temperatur dan kecepatan aliran fluida

Gambar 2, menghasilkan grafik hubungan selisih temperatur dan kecepatan aliran fluida yaitu semakin besar selisih temperatur yang diberikan, maka semakin kecil kecepatan aliran fluida yang dihasilkan, sebaliknya semakin kecil selisih temperatur yang diberikan, maka semakin besar kecepatan aliran fluida yang dihasilkan.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Diana, menghasilkan alat ukur kecepatan aliran fluida menggunakan dua buah sensor LM35DZ, dengan melihat temperatur

dan perubahan temperatur menggunakan tampilan LCD, sedangkan cara pengambilan datanya dilakukan secara manual.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang telah dilakukan Diana adalah untuk mengembangkan aplikasi delapan buah sensor temperatur LM35DZ sebagai sensor kecepatan aliran fluida berbasis mikrokontroler ATmega32 dengan media penyimpanan data secara otomatis menggunakan *micro SD*.

Sensor temperatur LM35DZ yang dilambangkan dengan S_A dan S_B (S_{A1} , S_{A2} , S_{A3} , S_{A4} , S_{B1} , S_{B2} , S_{B3} , dan S_{B4}) ditanam pada delapan titik pipa PVC dengan jarak (x) yang digunakan antara sensor S_A dan S_B terhadap *heater* adalah berbeda-beda, sedangkan jarak antara sensor S_A dan S_B mempunyai interval jarak 5 cm, hal ini bertujuan untuk mencari ketelitian hubungan antara selisih temperatur dan kecepatan aliran fluida yang dihasilkan.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Novianta (2010) yaitu mengukur kecepatan aliran fluida dengan sensor ultrasonik menggunakan efek doppler, memanfaatkan sebuah mikrokontroler ATMEL AT89S51. Prinsip Doppler (1842) menyatakan "frekuensi gelombang bunyi yang diterima tergantung pada gerakan sumber bunyi atau pengamat relatif terhadap media perambatan".

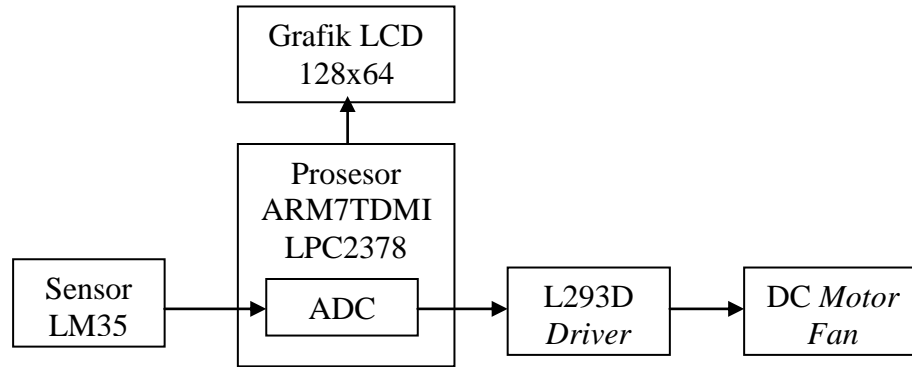
Penelitian ini memanfaatkan efek doppler untuk mengetahui perubahan frekuensi gelombang elektromagnetik sebagai akibat dari pergerakan *emitter* dan *receptor*. Transduser ultrasonik mentransmisikan gelombang ultrasonik ke dalam aliran fluida dan selanjutnya akan diterima oleh *receiver* ultrasonik. Sistem pengukurannya yaitu perubahan frekuensi gelombang ultrasonik yang dipancarkan

ke aliran fluida laminar dengan yang diterima transduser menghasilkan perubahan dari frekuensi yang besarnya sebanding dengan kecepatan fluida.

Penelitian Novianta tentang pengukuran kecepatan aliran fluida menggunakan sensor ultrasonik dengan efek doppler. Perbedaan pengukuran kecepatan aliran fluida dengan penelitian Novianta adalah terletak pada sensor yang digunakan sensor LM35DZ dengan prinsip persamaan kontinuitas.

Penelitian yang lain, yaitu rancang bangun sistem kontrol suhu otomatis berbasis *chip Very Large Scale Integration* (VLSI), menggunakan sensor suhu LM35 dan prosesor (*Advanced RISC Machine*) ARM LPC2378. VLSI merupakan *chip* tunggal yang dapat memuat ribuan komponen elektronika. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu sistem perangkat keras yang terdiri dari kipas angin, motor DC, prosesor ARM LPC2378, sensor LM35 dan LCD.

Sensor LM35 berfungsi memberikan *input* suhu dikonversi menjadi tegangan untuk proses kontrol suhu otomatis. Kipas angin berfungsi mengurangi suhu berkecepatan tinggi secara otomatis, tetapi teknik itu menghasilkan banyak suara akustik. Kebisingan ini dapat dikurangi secara signifikan dengan memvariasikan kecepatan kipas berdasarkan suhu dari sensor LM35, yaitu kipas angin bisa berubah secara perlahan saat suhu rendah dan dapat dipercepat dengan naiknya suhu. Motor DC berfungsi sebagai penggerak dengan kecepatan yang dikendalikan oleh prosesor ARM LPC2378 berdasarkan suhu dari *chip* VLSI dan dibaca oleh sensor suhu LM35. Proses kerjanya dapat dilihat pada diagram blok rangkaian, diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok rangkaian proses kontrol suhu otomatis berbasis VLSI

Proses kontrol suhu otomatis berbasis VLSI menggunakan prosesor ARM7TDMI LPC2378 dikembangkan dengan *software* bahasa C, *output* dari sensor suhu LM35 diumpankan ke *chip* ADC dan *output* dari ADC diberikan ke *driver* IC L293D serta ke motor DC kipas angin. Selanjutnya LCD grafis (128x64 *pixels*) yang dihubungkan ke prosesor ARM7TDMI LPC2378 untuk menampilkan suhu dari sensor LM35 dan kecepatan kipas (Yayavaram dkk, 2009).

Penelitian selanjutnya, yaitu sensor suhu LM35DZ sebagai alat ukur konduktivitas panas batuan, dimana rangkaian penyusunnya dilengkapi dengan sistem pengkondisi sinyal, ADC 0804, mikrokontroler AT89C5, menggunakan tiga buah sensor LM35 yang disimbolkan dengan TH, T1, T2. Sensor TH digunakan untuk mengukur suhu air panas, sensor T1 digunakan untuk mengukur suhu kuningan pada air panas, sensor T2 digunakan untuk mengukur suhu kuningan pada air dingin. Penelitian ini menggunakan pemrograman bahasa C, karena deklarasinya lebih mudah dan lengkap dibandingkan bahasa assembler, kemudian datanya ditampilkan melalui LCD (Sulfi, 2008).

Penelitian selanjutnya adalah pengujian sensor temperatur LM35DZ untuk mengetahui karakteristik sensor.

1. Pengujian karakteristik sensor temperatur LM35DZ

Pengujian sensor temperatur LM35DZ dimulai dari temperatur 31°C sampai 35°C, menggunakan waktu selama 240 s, setiap 20 s dicatat perubahan temperatur dan perubahan tegangan, hasilnya adalah perubahan temperatur dengan perubahan tegangan berbanding lurus sehingga menghasilkan grafik linear, semakin besar perubahan suhu maka semakin besar perubahan tegangan keluaran.

2. Pengujian karakteristik *heater*

Pengujian karakterisasi *heater* dilakukan untuk menahan kekonstanan atau panas maksimum dari *heater*. Waktu yang digunakan tergantung batas maksimum dari *heater* yang diuji. Pengujiannya terdiri dari temperatur (°C), waktu (t), dan jarak (s), dengan meletakkan alat ukur termometer dengan jarak (x) 0.1 cm pada *heater* yang akan dikarakterisasi. Waktu yang digunakan selama 120 menit, setiap perubahan waktu 15 menit dicatat perubahan temperatur yang terjadi. Setelah 120 menit *heater* dipanaskan tidak mengalami perubahan temperatur. Nilai temperatur konstan dari *heater* pada penelitian ini adalah 43°C (Yunita, 2008).

Penelitian selanjutnya merupakan aplikasi multi kontrol secara *real time* pada alat VJ300 di Stasiun Pemancar LPP RRI Bandar Lampung ini, menggunakan sensor LM35DZ dan mikrokontroler ATmega32. Sensor LM35DZ untuk membaca temperatur ruangan VJ300 dan menonaktifkan ketika terjadi temperatur yang berlebih. Mikrokontroler ATmega32 untuk menyimpan dan menjalankan semua sistem dari *input* sampai *output* agar bekerja dengan baik.

Pengujian sensor LM35DZ menggunakan *heater* sebagai sumber panas untuk menentukan baik tidaknya sensor yang akan digunakan. Pengujian sensor ini menghasilkan karakteristik hubungan antara tegangan dan temperatur, semakin besar perubahan temperatur, maka semakin besar perubahan tegangan yang dihasilkan.

Sistem multi kontrol terdiri dari kontrol temperatur ruangan VJ300 dan kontrol *panel power* VJ300, sistemnya ada dua proses yaitu proses kontrol lup tertutup dan lup terbuka. Proses kontrol temperatur ruangan VJ300 menggunakan lup tertutup, dimana sebuah kesalahan diukur dan dipergunakan untuk mengoreksi proses yang terjadi. Proses kontrol *panel power* VJ300 menggunakan lup terbuka, dimana masukan dari RTC diproses oleh mikrokontroler ATmega32 dan hasilnya tersebut secara otomatis mengatur posisi *relay* (Jaya dan Gurum, 2013).

Penelitian berikutnya adalah tentang data *logger* sebagai perangkat elektronika yang dapat mengambil dan menyimpan data dalam waktu tertentu. Pada penelitian ini, telah dirancang suatu data *logger* untuk monitoring pergeseran tanah menggunakan mikrokontroler Atmega32, ADC 12 bit MCP3204 dan *chip* RTC DS1307, memberikan informasi waktu dan tanggal, serta MMC/SD *Card* berkapasitas 2 GB untuk menyimpan hasil perekaman data dalam bentuk *file text*. Data *logger* bekerja dengan cara mendeteksi perubahan tegangan keluaran sensor pergeseran tanah.

Data *logger* dalam penelitian ini memiliki prinsip kerja untuk mendeteksi perubahan tegangan *output* sensor atau transduser. Data *logger* ini menggunakan

tegangan referensi sebesar 4,096 Volt. Sehingga secara teori perubahan 1 mV tegangan *input* akan menyebabkan perubahan 1 bit ADC.

Perancangan data *logger* bertujuan agar komunikasi komponen baik tanpa ada *crash* secara *software* dan alur pembacaan serta penyimpanan data dapat bekerja sebagaimana mestinya. Pemrograman komunikasi serial atau *Serial Peripheral Interface* (SPI) untuk memperoleh data digital dari ADC MCP3204 12 bit sekaligus untuk menuliskan data kedalam *SD Card*, dan pemrograman komunikasi serial *Inter-Integrated Circuit* (I2C) untuk mendapatkan data tentang waktu dari IC *Real Time Clock* (RTC) DS1307.

Dua komunikasi tersebut termasuk dalam komunikasi serial sinkron atau *synchronous serial communication*. Komunikasi serial sinkron adalah sebuah sistem komunikasi dimana transmisi *clock* dikirim ke jalur komunikasi. Sinyal *clock* tersebut digunakan untuk memicu datangnya bit baru.

Dalam komunikasi serial SPI dibutuhkan 4 jalur data yaitu DATA IN, DATA OUT, CLOK, dan *Chip Select* (CS). SPI mendukung kecepatan transfer data sampai dengan 3 MHz. Jalur SPI adalah antarmuka antara *master* dan *slave*. Ketika terjadi komunikasi dua perangkat, maka satu akan menjadi “*master*” sedangkan lainnya sebagai “*slave*”. *Master* memberikan sinyal *clock* kepada *slave*. SPI bersifat *full duplex*, dimana pengiriman dan penerimaan data terjadi secara bersamaan.

I2C adalah antarmuka dua jalur *bus* yaitu *Serial Data Line* (SDA) dan *Serial Clock Line* (SCL). Setiap perangkat yang terhubung dialamatkan secara *software*

dengan alamat yang unik. Pada jalur tersebut terdapat komunikasi *master-slave* diantara dua perangkat yang terhubung. Data yang dikirimkan adalah kelipatan 8 bit. Kecepatan *transfer* sebesar 100 Kbit/s dalam *mode* standar, 400 Kbit/s dalam *mode* cepat, dan 3,4 Kbit/s dalam *mode* kecepatan tinggi. *Display* LCD 16x4 yang terhubung dengan Port D mikrokontroler Atmega32 digunakan untuk menampilkan data (Setiono dkk, 2010).

Penelitian selanjutnya, yaitu sistem instrumentasi yang mampu merekam data dari sensor extensometer ke dalam *micro* SD dengan menggunakan Mikrokontroler ATmega32 sebagai pusat pengendali. Sensor extensometer merupakan perangkat elektronika yang berfungsi mengukur parameter pergeseran tanah. Berdasarkan hasil pengujian di lapangan diketahui bahwa baterai dapat bertahan hingga perekaman data selama ± 9 jam. Sistem ini juga dapat merekam data secara *real time* karena terintegrasi dengan RTC DS1307 sebagai komponen pewaktuan. Interval penyimpanan data dapat diatur sesuai kebutuhan pengguna dengan waktu sampling terkecil 1 detik.

Setiap data yang terekam terdiri atas 37 karakter yang berisi informasi waktu, tanggal, dan nilai tegangan. Data-data tersebut disimpan di dalam sebuah *file* dengan nama *volt.txt*. Jumlah data yang dapat tersimpan pada *micro* SD dengan kapasitas memori 2 GB adalah 48.620.000 data. Berdasarkan perhitungan, memori *micro* SD akan terisi penuh dalam kurun waktu 563 hari atau $\pm 1,5$ tahun ketika perekaman data diatur setiap 1 detik. Besarnya pergeseran yang dapat dideteksi oleh sensor extensometer berkisar antara 0-110 mm dengan nilai tegangan yang terbaca oleh sistem adalah 0,308-3,594 volt (Ambarina, 2012).

2.2 Sensor dan Karakteristik Sensor

Sensor merupakan piranti yang mengkonversi besaran fisis menjadi besaran elektrik. Sensor dibagi menjadi lima macam, yaitu:

1. sensor optik (contohnya *Ligh Dependent Resistor (LDR)*, *phototransistor*, *photodiode*);
2. sensor temperatur (contohnya *thermistor*, LM35, *thermokopel*, RTD);
3. sensor magnetik (contohnya selonoida, efek Hall, magnetoresistif);
4. sensor sonik (contohnya *microphone*, ultrasonik);
5. sensor mekanik (contohnya kantilever, piezoelektrik).

Karakteristik umum sensor merupakan parameter penting dari sensor yang dibuat diantaranya sebagai berikut.

1. Sensibilitas

Sensibilitas merupakan variasi perubahan sinyal elektrik keluaran terhadap sinyal masukan. Sensibilitas dan pengukuran mempunyai arti berlawanan, yaitu semakin lebar rentang pengukuran maka sensibilitas semakin menurun, demikian juga sebaliknya.

2. Linearitas

Linieritas dari sensor memiliki sensibilitas bernilai konstan, sepanjang rentang pengukuran. Rangkaian elektronika yang berperan mengoreksi ketidaklinearan tanggapan sensor baik pada tingkat analog maupun digital adalah rangkaian pengolah sinyal.

3. Ketepatan pengukuran

Sebuah sensor mempunyai ketepatan pengukuran yang baik jika hasil pengukuran sangat dekat dengan nilai *real* dari besaran yang diukur. Ketepatan dinyatakan sebagai nilai hasil perbandingan antara selisih hasil pengukuran terhadap nilai *real* yang kemudian dinyatakan dalam persentasi dalam kesalahan absolut.

4. Kepekaan

Kepekaan merupakan karakteristik sensor terkait dengan sejauh mana keadaan sensor tidak mempengaruhi besaran fisis yang diukur. Misalnya sensor temperatur digunakan untuk mengukur temperatur air yang sedang dipanaskan, sejauh mana sensor mampu dengan segera memberikan hasil pegukurannya (Warsito, 2013).

Berdasarkan jenisnya sensor dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu sensor pasif dan sensor aktif, sebagai berikut:

1. Sensor pasif

Sensor pasif tidak dapat menghasilkan tegangan sendiri tetapi dapat menghasilkan perubahan nilai resistansi, kapasitansi atau induktansi apabila mengalami perubahan kondisi pada lingkungan sekitar.

2. Sensor aktif

Sensor aktif tidak memerlukan catu daya dari luar, sensor ini dapat menghasilkan energi listrik berupa tegangan DC (Sugiharto, 2002).

2.3 Sensor Temperatur *Integrated Circuit* (IC LM35DZ)

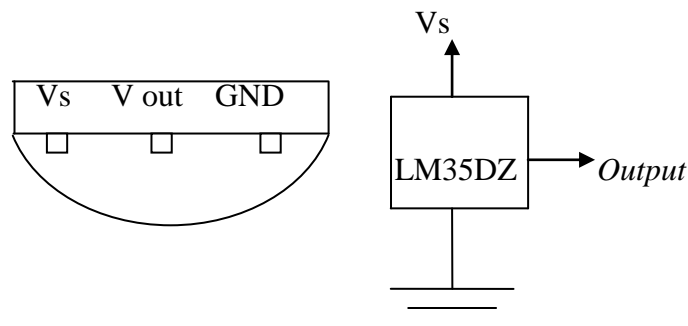
Sensor temperatur LM35DZ merupakan *Integrated Circuit* (IC) yang berfungsi sebagai sensor suhu yang memiliki ketelitian sangat tinggi. *Output* dari sensor

temperatur LM35DZ berupa tegangan, dimana perubahan tegangan sangat proporsional terhadap perubahan suhu. Sehingga grafik perubahan suhu terhadap tegangan yang dihasilkan sangat linier.

Sensor LM35DZ memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. kalibrasi dalam $^{\circ}\text{C}$;
- b. sangat tepat untuk aplikasi jarak jauh;
- c. *range* suhu antara -55°C sampai 150°C ;
- d. *output* tegangan antara 4 Volt sampai 30 Volt;
- e. setiap perubahan suhu sebesar 1°C maka akan menghasilkan perubahan tegangan keluaran sebesar 10 mV.

Sensor temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor temperatur LM35DZ. Adapun gambar sensornya, diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk pin sensor temperatur LM35DZ

Bentuk fisis dari sensor temperatur LM35DZ terdiri dari 3 kaki yaitu V_s , V_{out} dan *ground*. Kaki V_s merupakan jalur untuk memberikan sumber tegangan, sedangkan kaki V_{out} merupakan jalur keluar sinyal (Warsito, 2013).

2.4 Aliran Fluida

Fluida merupakan zat yang mengalir karena tidak dapat menahan tegangan geser (*shearing stress*), tetapi fluida dapat mengeluarkan gaya yang tegak lurus dengan permukaannya. Termasuk bagian dari fluida adalah cairan dan gas. Fluida menyesuaikan diri dengan bentuk wadah penempatannya, karena tidak dapat menahan gaya yang bersinggungan dengan permukaannya. Penelitian ini menggunakan prinsip persamaan kontinuitas. Persamaan kontinuitas pengukuran aliran kecepatan fluida mengenai penentuan *rate of flow* (kecepatan mengalirnya jumlah fluida persatuan waktu), yaitu:

$$Q = A_2 v_2 = A_1 v_1$$

$$Q = Av$$

$$Q = A \left(\frac{x}{t} \right)$$

$$Q = \frac{V}{t} \tag{1}$$

$$v = \frac{Q}{A} \tag{2}$$

dengan:

A = luas penampang fluida (m^2);

v = kecepatan aliran fluida (m/s);

Q = debit fluida (m^3/s);

V = volume (m^3);

x = jarak (m);

t = waktu (s) (Aidab, 1991).

Persamaan kontinuitas dapat diterapkan pada tabung aliran. Pada penelitian ini menggunakan tabung pipa PVC sebagai tempat mengalirnya fluida. Aliran fluida dalam tabung pipa PVC bersifat aliran laminar, fluida mengalir dari kiri ke kanan pada kecepatan aliran laminar melalui sebuah tabung pipa PVC dengan panjang L , kecepatan aliran fluida adalah v (m/s) dan luas penampang fluida adalah A (m²). Pengukuran volume V (m³) diperlukan untuk menghubungkan kecepatan fluida dan luas penampang fluida, yang sering disebut persamaan kontinuitas (Halliday dkk, 2010).

Fluida ideal dalam suatu gerakan mempunyai sifat-sifat aliran fluida diantaranya adalah kecepatan fluida, temperatur, viskositas, aliran turbulen dan aliran laminar. Adapun masing-masing sifat dari fluida pada penelitian ini, sebagai berikut.

1. Kecepatan fluida

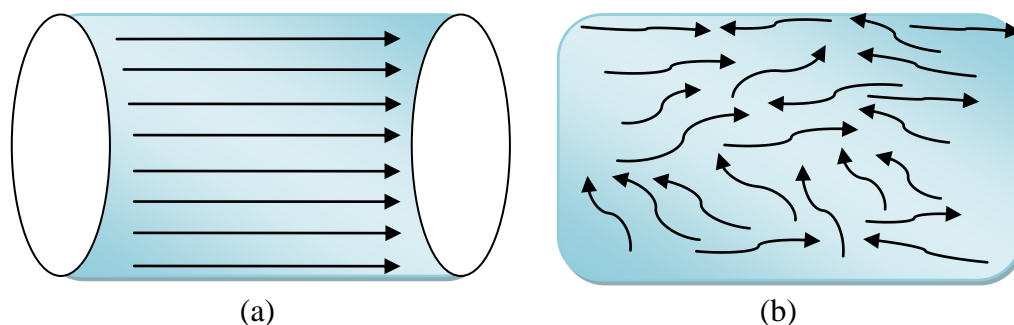
Berdasarkan besarnya kecepatan aliran fluida dalam pipa, jenis aliran dapat dibedakan dalam dua bentuk yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Istilah kecepatan yang dimaksud adalah kecepatan rata-rata dalam pipa. Kecepatan partikel fluida yang berada tepat di dinding pipa adalah sama dengan nol, makin ke tengah pipa makin besar kecepatannya sehingga kecepatan maksimal fluida terjadi di pusat pipa.

2. Aliran turbulen

Pada umumnya aliran turbulen terjadi pada kecepatan aliran yang tinggi, dilain pihak aliran turbulen dikenal dengan adanya garis arus terputus-putus tidak beraturan, contohnya pada aliran sungai.

3. Aliran laminar

Aliran laminar merupakan aliran tunak yang berlapis-lapis, terjadi pada kecepatan aliran yang rendah, untuk aliran laminar kecepatan rata-ratanya kira-kira sebesar setengah kecepatan maksimumnya, sementara untuk aliran turbulen berada di atas harga tersebut. Aliran laminar dikenal dengan adanya partikel fluida yang bergerak mengikuti partikel didepannya dengan melalui garis arus yang sama, contohnya aliran fluida di dalam pipa PVC. Perbedaan sifat aliran laminar dan aliran turbulen, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sifat aliran fluida (a) aliran laminar dan (b) aliran turbulen

4. Temperatur

Pada metode pengukuran aliran fluida yang umum, yaitu pengukuran berdasarkan temperatur perlu diperhitungkan untuk menentukan kecepatan aliran fluida yang teliti (Aidab, 1991).

Pipa merupakan saluran tertutup berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida. Fluida yang dialirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas. Pipa-pipa yang saling berhubungan digunakan sebagai jalan aliran fluida ke suatu lubang keluaran tertentu, yang datangnya dari berbagai rangkaian disebut jaringan pipa (Triatmodjo, 1993).

Aliran dalam pipa awalnya memiliki kecepatan yang seragam, setelah melewati

pipa menempuh jarak tertentu kecepatan aliran pada dinding pipa semakin mendekati nol dan akan sama dengan nol bila fluida mengalir pada jarak yang lebih jauh lagi. Adanya penurunan kecepatan pada dinding pipa dikarenakan adanya gaya dinding pipa, sehingga terbentuk gradien kecepatan yang ditunjukkan oleh terbentuknya lapisan batas. Semakin jauh jarak tempuh fluida semakin besar gradien kecepatan yang terjadi (Fox dan Alan, 1994).

Prinsip kecepatan aliran fluida pada penelitian ini menggunakan prinsip aliran laminar. Prinsip kecepatan aliran fluida sebagai berikut.

1. Pada kecepatan yang sangat rendah, aliran yang bersangkutan akan laminar. Zat cair akan mengalir dalam lapisan-lapisan yang sejajar dan lapisan-lapisan zat cair yang berbeda-beda ini akan melaju beraturan dan bersama-sama. Antara berbagai lapisan tidak berlangsung pertukaran unsur-unsur zat cair.
2. Apabila kecepatan aliran meningkat, pada suatu kecepatan-kritis tertentu aliran laminar secara tiba-tiba akan berubah menjadi aliran turbulen. Pada aliran turbulen, lapisan-lapisan zat cair yang beraturan akan menghilang dan diganti oleh unsur-unsur zat cair yang melakukan gerakan-gerakan berpusar secara tidak beraturan (Krist dan Ginting, 1991).

2.5 Mekanisme Perpindahan Panas

Mekanisme perpindahan panas dapat terjadi pada benda padat, cair dan gas. Panas dapat bergerak dari suatu tempat ke tempat lain karena adanya perbedaan temperatur diantara tempat tersebut. Mekanisme perpindahan panas dibedakan menjadi tiga macam cara, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Konduksi terjadi pada suatu benda atau dua benda yang disentuhkan. Konveksi tergantung pada

gerakan massa dari satu daerah ruang ke daerah ruang lainnya. Radiasi adalah perpindahan panas melalui radiasi elektromagnetik (Young dan Roger, 2002).

Mekanisme perpindahan panas dibedakan menjadi tiga macam cara, sebagai berikut.

1. Konveksi

Konveksi merupakan transfer energi panas yang melewati suatu perantara, terjadi karena adanya perbedaan suhu. Misalkan pada pergerakan aliran fluida terjadi transfer energi panas yang berkontak dengan obyek yang memiliki suhu lebih tinggi dari fluida sehingga suhu bagian dari fluida akan meningkat (Halliday dkk, 2010).

Perpindahan panas terjadi secara konveksi menyebabkan molekul-molekul yang menghantarkan kalor ikut bergerak sesuai dengan gerak aliran kalor. Aliran kalor terjadi pada fluida (zat cair dan gas) yang molekulnya mudah bergerak. Perubahan laju aliran konveksi terhadap perubahan temperatur dinyatakan oleh persamaan:

$$\frac{\delta Q}{dt} = h A \Delta T \quad (3)$$

dengan:

$\frac{\delta Q}{dt}$ = laju aliran konveksi (W);

h = koefisien konveksi ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$);

A = luas penampang pipa (m^2);

ΔT = perubahan suhu (°C).

Penelitian ini menggunakan proses perpindahan energi panas secara konveksi, terjadi antara permukaan padat pada pipa PVC dengan fluida yang mengalir disekitarnya sebagai medianya, menggunakan *heater* sebagai media pemanas dengan prinsip kerja mengatur aliran perpindahan panas yang diperlukan untuk menghasilkan temperatur aliran fluida.

2. Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas melalui molekul-molekul zat tanpa perantara. Jadi, pada saat terjadi konduksi, molekul-molekul zat tidak berpindah tempat (relatif diam). Misalkan pada pemanasan panci logam dalam waktu yang cukup lama, maka pegangan dari panci tersebut akan menjadi panas, hal ini disebabkan karena energi ditransfer dari api ke pegangan secara konduksi.

Sebuah materi yang mudah mentransfer energi dengan cara konduksi adalah konduktor panas yang baik dan memiliki nilai k yang tinggi. Laju aliran konduksi dinyatakan oleh persamaan:

$$\frac{\delta Q}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (4)$$

dengan:

$\frac{\delta Q}{dt}$ = laju aliran konduksi (W);

k = konduktivitas termal (W/mK);

$\frac{dT}{dx}$ = gradien temperatur.

3. Radiasi

Radiasi merupakan perpindahan panas yang dihantarkan dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas secara radiasi tidak memerlukan media perambatan, tetapi dapat memancar pada ruang vakum, contohnya panas matahari yang langsung ke bumi (Mulyatno dkk, 1992).

2.6 Sistem Pengkondisi Sinyal

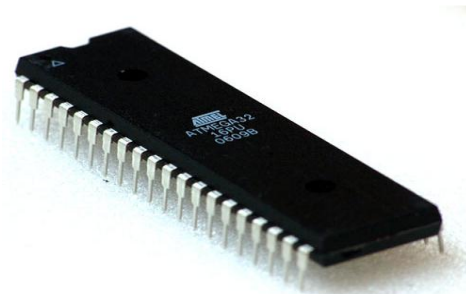
Rangkaian pengkondisi sinyal pada dasarnya merupakan rangkaian elektronik yang berperan mengkondisikan sinyal keluaran sensor agar mudah diolah untuk tahap berikutnya. Untuk jenis sensor terintegrasi terkadang rangkaian pengkondisi sinyal menjadi satu dalam kemasan sensor, demikian pin keluaran hanya berfungsi untuk catu daya dan sinyal keluaran (biasanya sinyal keluaran sudah otomatis pada range 0 Volt sampai 5 Volt) pengkondisi sinyal dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu pengkondisian sinyal analog dan pengkondisian sinyal digital.

Pengkondisian sinyal analog merupakan proses mengubah sinyal input melalui bentuk *transfer function* dengan beberapa konstanta, jika dikalikan dengan sinyal input akan menghasilkan tegangan output. Pengkondisi sinyal digital merupakan proses *encoding* sinyal analog ke dalam bentuk digital (Warsito, 2013).

2.7 Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler adalah suatu *chip* yang dapat digunakan sebagai pengontrol utama sistem elektronika, di dalam *chip* tersebut sudah ada unit proses memori *Read Only Memory* (ROM), *Random Access Memory* (RAM), *Input-Output*, dan fasilitas pendukung lainnya (Budiharto dan Rizal, 2007). Mikrokontroler yang

digunakan pada penelitian ini adalah mikrokontroler ATmega32. Adapun gambar mikrokontroler ATmega32, diperlihatkan pada Gambar 6.

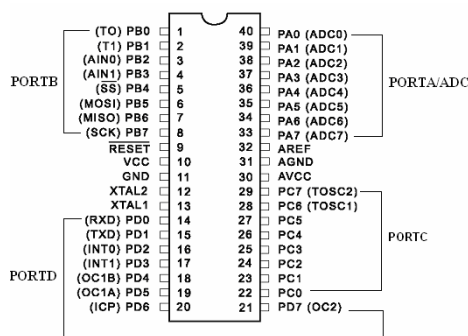


Gambar 6. Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler ATmega32 memiliki kelebihan, yaitu kapasitas memori yang cukup besar berukuran 32 Kbyte, sehingga dapat diprogram secara leluasa dengan menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang membutuhkan memori besar. Mikrokontroler ATmega32 dikomunikasikan dengan perangkat lain seperti sensor, motor, *switch*, *keypad*, *display*, *memory* dan dapat digambarkan sebagai sistem yang membaca dari (memonitor) *input*, memproses, dan menulis ke (*control*) *output* (Setiono dkk, 2010).

ADC mengkonversi tegangan masukan analog ke nilai digital 10 bit melalui *successive approximation*. Nilai minimum adalah GND dan nilai maksimumnya adalah tegangan pada pin AREF dikurangi 1 LSB. Pada pin ADC terdapat rangkaian *Sample and Hold*, dimana tegangan input ADC ditahan dalam tingkat yang konstan pada saat konversi berlangsung. Kecepatan konversinya sekitar 65 sampai 260 μ s (Susilo, 2010).

Mikrokontroler memiliki beberapa *port* yang dapat digunakan sebagai *input/output* (I/O). Susunan kaki standar 40 pin pada mikrokontroler ATmega32, diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Susunan kaki ATmega32.

Pin pada mikrokontroler ATmega32 memiliki fungsi masing-masing yaitu:

- VCC merupakan *pin* masukan positif catu daya;
- GND sebagai *pin* *Ground*;
- AVCC sebagai *pin* masukan tegangan untuk ADC;
- AREF sebagai *pin* masukan tegangan referensi;
- reset* merupakan *pin* yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler;
- port A (PA0-PA7) merupakan *pin* I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai *pin* masukan ADC;
- port B (PB0-PB7) merupakan *pin* I/O dua arah dan *pin* fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, komparator *analog* dan SPI;
- port C (PC0-PC7) merupakan *pin* I/O dua arah dan *pin* fungsi khusus, yaitu TWI, komparator *analog*, dan *Timer Osilator*;
- port D (PD0-PD7) merupakan *pin* I/O dua arah dan *pin* fungsi khusus, yaitu komparator *analog*, interupsi *eksternal* dan komunikasi serial;

- j. XTAL 1 dan XTAL 2 sebagai *pin* masukan *clock eksternal*. Sumber detak (*clock*) dibutuhkan oleh mikrokontroler agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori (Budiharto dan Gamayel, 2007).

2.8 Pemrograman Bahasa C

Bahasa C merupakan bahasa pemrograman komputer terstruktur dimana tata cara penulisan program dalam hal ini kata, ekspresi, pernyataan atau kombinasi semuanya disusun dan dirangkai dengan urutan langkah-langkah penyelesaian masalah.

Kelebihan bahasa C, yaitu:

1. bahasa C tersedia hampir disemua jenis komputer;
2. kode bahasa C sifatnya *flexible* dan *portable* untuk semua jenis komputer;
3. bahasa C menyediakan sedikit kata kunci (32 kata kunci);
4. proses *executable* bahasa C lebih cepat.

Tipe data erat kaitannya dengan *variable* yang dipakai, karena *variable* merupakan penampung suatu nilai/data. Ada lima tipe data dalam bahasa C, yaitu:

1. *integer* (nilai *numeric* bulat yang dideklarasikan dengan *int*);
2. *floating-point* (nilai *numeric* pecahan ketepatan tunggal, dideklarasikan dengan *float*);
3. *double-precision* (nilai *numeric* ketepatan ganda dideklarasikan dengan *double*);
4. Karakter dideklarasikan dengan *char*;
5. Kosong dideklarasikan dengan *void*.

Suatu pemrograman Bahasa C terdiri dari:

1. pernyataan (deklerasi), yaitu satu atau lebih ekspresi yang diakhiri dengan titik koma(;);
2. blok pernyataan, yaitu salah satu atau lebih pernyataan yang diawali dengan { dan diakhiri dengan }. Blok ini selalu diawali dengan situasi instruksi;
3. blok fungsi, yaitu satu atau lebih pernyataan yang dirancang untuk melakukan proses tertentu. Blok ini diawali dengan nama fungsinya () dan tanda {}.

Pemrograman bahasa C, memiliki bahasa yang terstruktur karena menggunakan fungsi-fungsi sebagai program-program bagiannya (subrutin). Pengenalan fungsi-fungsi dasar pemrograman bahasa C, yaitu:

1. fungsi main () yaitu titik awal dan titik akhir eksekusi program;
2. fungsi printf () yaitu untuk menampilkan tulisan. Pada fungsi printf terdapat karakter (\" menyatakan karakter petik-ganda), (\\ menyatakan karakter *backlash*) dan (\t menyatakan karakter tab).

Pada fungsi printf juga terdapat daftar argument yaitu (%d untuk menampilkan bilangan bulat/*integer*), (%f untuk menampilkan bilangan mengambang/pecahan), (%c untuk menampilkan sebuah karakter) dan (%s untuk menampilkan sebuah string).

Operator dalam bahasa C adalah penjumlahan (+), pengurangan (-), perkalian (x), pembagian (/) dan modulus (%). Untuk modulus hanya berlaku untuk bilangan bulat. *If-statement* pada Bahasa C yaitu *if* (kondisi) *statement* dan *if* (kondisi) *statement1 else statement2*. Pada *if* (kondisi) *statement* kondisi dievaluasi jika nilainya true maka *statement* dilaksanakan, dan *if* (kondisi) *statement1 else*

statement2 kondisi dievaluasi jika nilainya true, maka *statement1* dilaksanakan, jika tidak true, maka *statement2* dilaksanakan.

Pernyataan iterasi (pengulangan) merupakan suatu tindakan untuk melakukan suatu hal yang berkali-kali. Adapun pernyataannya adalah *while*, *do...while* dan *for*. Pembuatan *array* pada Bahasa C, digunakan untuk mengoleksi data yang bertipe sama dan menyimpan sederet karakter (*string*) (Yulianti, 2014).

File header merupakan file-file yang berakhiran dengan *.h*, berisi berbagai deklarasi, seperti fungsi, variabel dan sebagainya.

Baris:

```
#include < iostream.h >
```

Perintah *clrscr()*; adalah perintah untuk menghapus layar. Adapun contoh programnya adalah:

```
#include < iostream.h >
```

```
#include < conia.h >
```

```
Void main()
```

```
{
```

```
Clrscr();
```

```
Cout << "Hai. Selamat menggunakan bahasa C. \n";
```

```
}
```

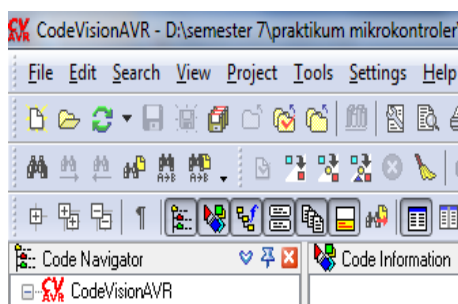
Pada `#include < iostream.h >` bukanlah suatu pernyataan, itulah sebabnya tidak ada tanda titik koma yang diperlukan. Baris tersebut mengintruksikan kepada kompiler untuk menyisipkan file lain (*iostream.h*) saat program dikompilasi. Perlu

disertakan pada program yang melibatkan obyek *cout* agar tidak terjadi kesalahan saat program dikompilasi dan berbagai obyek yang berhubungan dengan operasi masukan dan keluaran *stream* (Kadir, 1995).

2.9 Code Vision Alf and Vegard Risc Processor (CV AVR)

Code Vision Alf and Vegard Risc Processor (CV AVR) merupakan salah satu jenis perangkat lunak yang dapat digunakan untuk memprogram semua jenis mikrokontroler dari keluarga AVR. Program ini menggunakan bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya (Suprpto, 2011).

Keuntungan menggunakan CV AVR lebih besar dibandingkan menggunakan program yang lain yang *under* DOS. CV AVR menyediakan area kerja dan *toolbar* yang mudah untuk melakukan berbagai operasi. CV AVR pada penelitian ini dapat membantu dalam pembuatan *software* untuk keperluan pemrograman AVR, diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan CV AVR

CV AVR memiliki beberapa menu aplikasi *windows* yaitu meliputi *File, Project, Edit, Debug, View, Tool, Windows, Help, check syntak eror compile* dan *make*. Ada perbedaan pada menu CV AVR yaitu, ketika belum ada satu pun *project* atau file yang dibuka, CV AVR hanya memiliki enam *menu* yaitu *File, Project, View,*

Tools, Debug dan Help, namun jika sebuah *project* atau *file* telah dibuka dan sedang dikerjakan, maka akan terdapat dua menu tambahan yaitu *Edit* dan *Windows* (Haryanto, 2005).

Hasil kompilasi objek CV AVR bisa digunakan sebagai *source debug* dengan AVR *studio debugger* dari ATMEL. Selain pustaka standar bahasa, CV AVR juga menyediakan pustaka tambahan yang sangat membantu pemrograman AVR, yaitu *Alphanumeric LCD modules, Philips I2C bus, National Semiconductor LM35 Temperature Sensor, Philips PCF8583, Maxim/Dallas Semiconductor DS1302 and DS1307 Real Time Clocks, Maxim/Dallas Semiconductor 1 Wire protocol, Maxim/Dallas Semiconductor DS1820, DS18B20 Temperature Sensor, Maxim/Dallas Semiconductor DS1621, Thermometer/Thermostat, DS2433 EEPROMs, SPI, MMC, Power management, Delays, dan Gray code conversion*. CV AVR juga memiliki program generator yang dapat membuat program dengan cepat (Heryanto dan Wisnu, 2008).

2.10 Micro Secure Digital (Micro SD)

Micro SD merupakan media penyimpanan data dalam bentuk *file* atau data, diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. *Micro SD*

Format data pada micro SD umumnya menggunakan format File Allocation Table (FAT). FAT pertama kali dikembangkan oleh Bill Gates dan Marc McDonald, pada tahun 1976-1977. FAT file systems adalah sebuah sistem berkas yang menggunakan struktur tabel alokasi berkas sebagai cara dirinya beroperasi. Dengan adanya FAT file systems memungkinkan data disimpan dalam file yang dapat langsung dikenali oleh sistem operasi dengan format ekstensi .CSV document (.CSV) sehingga data hasil rekaman dapat langsung dibaca dan dipindahkan ke dalam komputer (Sumiharto, 2010).*

FAT12 digunakan untuk kapasitas 16 MB ke bawah, FAT16 digunakan untuk kapasitas 32 MB hingga 2 GB, dan FAT32 umumnya digunakan untuk kapasitas di atas 2 GB (Haryono dan Surmayono, 2006).

Micro Secure Digital (micro SD) seringkali digunakan sebagai sarana penyimpanan data pada Personal Digital Assistant (PDA), kamera digital, dan telepon seluler. Micro SD memiliki dimensi 32 mm x 24 mm x 2,1 mm (panjang x lebar x tebal). Pengembangan lebih lanjut dari media penyimpanan ini menghasilkan dimensi yang lebih kecil dan kompak seiring dengan perkembangan zaman yang berupa mini SD dan micro SD. Ada tiga macam cara berkomunikasi dengan micro SD, yaitu: 1. One-bit SD mode; 2. Four-bit SD mode; 3. Serial Peripheral Interface (SPI) mode. Cara komunikasi yang terakhir merupakan cara termudah karena protokolnya mudah dipelajari, tersedia dokumentasi, dan berlisensi gratis. Sehingga komunikasi yang umum digunakan menggunakan mikrokontroler adalah SPI (Sunardi dkk, 2009).

2.11 Data logger

Data *logger* merupakan sebuah alat elektronika berfungsi untuk merekam dan mencatat data yang terintegrasi dengan sensor dan *instrument* didalamnya maupun eksternal sensor dan *instrument*. Beberapa data *logger* diantarmukakan dengan komputer menggunakan *software* untuk mengaktifkan data *logger* dan menganalisa data yang terkumpul.

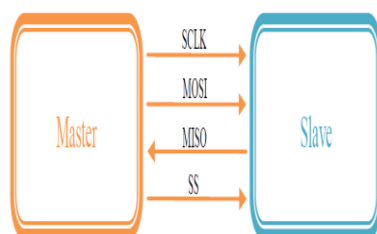
Salah satu keuntungan menggunakan data *logger* adalah kemampuannya secara otomatis mengumpulkan data setiap 24 jam. Setelah diaktifkan, data *logger* digunakan dan ditinggalkan untuk mengukur dan merekam informasi selama periode pemantauan.

Data *logger* secara umum terdiri dari mikrokontroler, sensor, dan media penyimpanan. Data *logger* dari sensor memiliki tujuan untuk pengarsipan atau tujuan analisis. Secara umum, data *logger* ukuran fisiknya kecil, bertenaga baterai, portabel dan dilengkapi dengan memori eksternal untuk menyimpan data dari sensor (Withamana, 2009).

2.12 Serial Peripheral Interface (SPI)

SPI merupakan hubungan data serial yang standar untuk mikroprosesor, mikrokontroler dan *peripheral* yang dikeluarkan oleh perusahaan Motorola. Hubungan dalam SPI merupakan hubungan data serial yang *full-duplex*, *synchronous*. Sistem SPI cukup fleksibel sebagai antarmuka secara langsung dengan banyak *peripheral* yang tersedia.

SPI dipakai untuk menyediakan komunikasi antara pengontrol dengan piranti *peripheral*. Komunikasi antara mikroprosesor dan *peripheral* atau *inter-processor* dapat dilakukan dengan SPI. Piranti SPI tersedia dari *shift register* sederhana untuk ADC, DAC, dan *chip* memori. Pengontrol yang terintegrasi dengan *port* SPI menyediakan hubungan ke piranti *peripheral* dengan *port* SPI. SPI mampu mengirim data hingga kecepatan 3 MHz (Susilo, 2010). Skema SPI terdiri dari SPI *Master* dan SPI *Slave*, diperlihatkan pada Gambar 10.



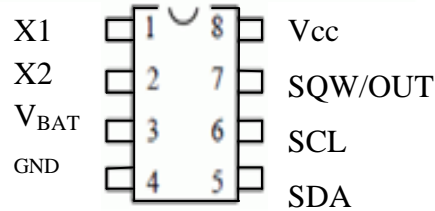
Gambar 10. Skema antarmuka komunikasi *Master and Slave*

Mode pengiriman data dengan SPI memerlukan 4 *pin* jalur data, yaitu *Serial Clock* (SCLK), *Master Output/Slave Input* (MOSI/SIMO), *Master Input/Slave Output* (MISO/SOMI) dan *Slave Select* (SS). *Device* yang dikomunikasikan menggunakan SPI dibedakan dalam *Master* dan *Slave mode*. Pada alat penyimpanan data ini, SPI *Master* adalah Mikrokontroler dan SPI *Slave* adalah *Micro SD*. (Withamana, 2009).

2.13 Real Time Clock (RTC) DS1302

RTC DS1302 merupakan buatan Dallas-Maxim *Semiconductor*. RTC DS1302 menyediakan informasi detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun (Pracoyo, 2008). RTC DS1302 memiliki sistem *nonvolatile* (permanen) SRAM 56 bytes dimana alamat dan data dikirimkan secara serial perbit dengan menggunakan sistem *Inter Integrated Circuit* (I2C) yang dikembangkan oleh *Philips*

Semikonduktor (Susilo, 2010). *Real Time Clock* (RTC) DS1302, diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. *Real Time Clock* (RTC) DS1302

Inter-Integrated Circuit (I2C) merupakan komunikasi serial antar rangkaian terintegrasi. Komunikasi serial I2C selalu diawali dengan kondisi *start* dan diakhiri *stop*. Kondisi *start* adalah ketika terjadi perubahan kondisi dari *high* ke *low* pada SDA ketika SCL pada kondisi *high*, sedangkan kondisi *stop* adalah ketika terjadi perubahan kondisi dari *low* ke *high* pada SDA ketika SCL pada kondisi *high* (Budiharto dan Gamayel, 2007).

2.14 *Liquid Crystal Display* (LCD)

LCD merupakan kristal cair pada layar yang digunakan sebagai tampilan dengan memanfaatkan listrik untuk mengubah-ubah bentuk kristal-kristal cairnya sehingga membentuk tampilan angka dan atau huruf pada layar. *Liquid Crystal Display* (LCD) diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12. LCD 2x16

LCD sebagai modul tampilan yang banyak digunakan karena tampilannya menarik. LCD 2x16 merupakan modul LCD *matrix* dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris *pixel* dan 5 kolom *pixel* (1 baris terakhir adalah kursor) (Nalwan, 2004).

Display karakter pada LCD diatur oleh pin EN, RS dan RW. Jalur EN dinamakan *Enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahu LCD dalam proses pengiriman sebuah data. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program EN harus dibuat logika low "0" dan set pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika "1" dan menunggu dalam waktu tertentu (sesuai dengan datasheet dari LCD tersebut) dan *display* karakter pada LCD diatur oleh pin EN, RS dan RW berikutnya set EN ke logika low "0".

1. Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika low "0", data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor). Ketika RS berlogika high "1", data yang dikirim adalah data *text* yang akan ditampilkan pada *display* LCD.
2. Jalur RW adalah jalur kontrol *Read/Write*. Ketika RW berlogika *low* (0), maka informasi pada *bus* data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* "1", maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum *pin* RW selalu diberi logika low "0". Pada akhirnya, *bus* data terdiri dari 4 atau 8 jalur (bergantung pada mode operasi yang dipilih oleh *user*). Pada data 8 bit, jalur diacukan sebagai DB0 s/c (Budiharto dan Gamayel, 2007).